جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره دهم،تابستان۱۳۹۳

صص ۱۷۳-۱۵۵

بررسی سینوپتیکی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ های موثر بر رخداد بارش های مداوم (۵ روز و بیشتر) و سنگین در ایران: درفصل سرد۲۰۱۲-۱۹۵۳

فاطمه درگاهیان[۱]- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

بهلول علیجانی- استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

حسین محمدی- استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۱٤ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/٤/۳۱

چکیده

آگاهی از وقوع بارش حتی برای چند روز می‌تواند در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های اساسی، مؤثر باشد. رخداد بارش مداوم و سنگین دلایل متعددی می‌تواند داشته باشد؛ یکی از این دلایل رخداد بلاکینگ است. به‌منظور شناسایی الگوهای فشار مرتبط با سیستم‌های بلاکینگ مؤثر بر بارش ایران، داده‌های روزانه مربوط به ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده ۹۰N-۰ و ۹۰W-۱۰۰E، با تفکیک ۲/۵ درجه برای دوره ۲۰۱۲-۱۹۵۳ از سایت NCEPدریافت شد. ابتدا بر اساس شاخص آشکارسازی دو بعدی، شرایط رخداد بلاکینگ در محیط نرم‌افزار MAT LAB برنامه‌نویسی شد، پس از استخراج داده‌های مربوط به رخدادهای بلاکینگ، الگوهای فشار مربوط به سیستم‌های بلاکینگ مؤثر بر آب و هوای ایران با استفاده روش تحلیل عاملی و خوشه‌بندی چندهسته‌ای K-means، در محیط نرم‌افزار SPSS تعیین شدند. ۷ الگوی اصلی به‌دست‌آمد که پس از چرخش عامل‌ها به روش وریمکس ۸۰ درصد از واریانس داده‌ها را تبیین کردند. نتایج نشان داد که از ۷ الگو ٤ الگو بر بارش ایران مؤثر بودند. دو الگوی فشار بارشی ناشی از تراف سمت راست و چپ امگا بودند، دو الگوی فشار دیگر مؤثر بر بارش، یعنی الگوی بلاکینگ دو قطبی و الگوی رکس، به ترتیب از فراوانی رخداد کمتری برخوردار بودند. به‌منظور شناسایی و صدور پیش‌آگاهی لازم، الگوی سینوپتیکی مربوط به هر الگو در سطوح فوقانی جو و در سطح زمین مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. شناسایی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ مؤثر بر بارش با کمک مدل‌های پیش‌بینی عددی میان‌مدت منجر به بالا رفتن دقت و صحت پیش‌بینی بارش برای چند روز آینده و حتی گاهی بیش از یک هفته می‌شود.

کلیدواژه‌ها: بلاکینگ، الگوی فشار، بارش‌های مداوم و سنگین.

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱٦۷۱۹۳۳۱٤ Email: fatemeh.dargahian@gmail.com

۱. مقدمه

بلاکینگ پل ارتباطی میان پدیده‌های هواشناسی و اقلیمی کوتاه‌مدت است. بلاکینگ یک پدیده بزرگ‌مقیاس است که پدیده‌های متعددی را در مقیاس همدیدی در بردارد و به دلیل بزرگی منطقه تحت تأثیر و همچنین طول عمر آن از چند روز و گاهی تا بیش از یک هفته، با ماندگاری خود در یک منطقه نسبتاً وسیع و حرکت بسیار کند شرق سوی خود اقلیم مناطق تحت نفوذ خود را تحت تأثیر قرار داده و بنابراین می‌تواند یک پدیده اقلیمی محسوب شود.

تاکنون بلاکینگ از جنبه‌های مختلفی موردمطالعه قرارگرفته شده است؛ اما بیشترین مطالعات مربوط به این پدیده، مطالعات اقلیم‌شناختی آن بوده است. در مطالعات اقلیم‌شناختی این پدیده بیشتر تأکید بر روی آشکارسازی آن به‌منظور تشخیص و شناسایی مرکز بلاکینگ، گسترش فضایی، شدت و تداوم آن بوده است. مناطقی وجود دارد که ازنظر وقوع این پدیده بیشترین فراوانی را دارند؛ دو منطقه بیشینه رخداد این پدیده اطلس- اروپا و اقیانوس آرام است. بعلاوه مناطق دیگری مانند منطقه اسکاندیناوی و گرینلند نیز وجود دارند که فراوانی روزهای همراه با بلاکینگ در آن‌ها زیاد است؛ که البته فراوانی بالای رخداد بلاکینگ در آن‌ها بیشتر ناشی از بالا بودن عرض جغرافیایی است.

بلاکینگ از پدیده‌های اتمسفری عرض‌های میانی است؛ با توجه به این‌که کشور ایران نیز بیشترین گسترش خود را در عرض‌های میانی دارد و بیش از نیمی از مساحت آن در بالای عرض جغرافیایی ۳۰ درجه است، مطمئناً تحت تأثیر پدیده بلاکینگ می‌باشد. از طرفی مطالعات اقلیم‌شناختی این پدیده نشان داده که در فصل زمستان با توجه به منطقه نفوذ بادهای غربی و شدت و عمق تراف های جانبی، بلاکینگ تا عرض‌های جغرافیایی ۲۰ درجه نیز گسترش دارد (درگاهیان،۱۳۹۲) و می‌تواند بر روی بسیاری از پدیده‌های جوی آن مؤثر باشد (بارش برف بهمن،۱۳۹۲). بر اساس مطالعات انجام‌شده، کشور ایران جزو مناطق با رخداد بالای بلاکینگ در نیمکره شمالی محسوب نمی‌شود (آزاد،١٣٨٦) اما می‌توان آن را جزو مناطق ثانویه به‌حساب آورد؛ بنابراین بسیاری از پدیده‌های اقلیمی آن ازجمله بارش را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد و بر ویژگی‌های بارش نظیر نوع، مقدار، شدت و تداوم آن مؤثر باشد.

بلاکینگ پدیده‌ای بزرگ‌مقیاس و شبه ایستا محسوب می‌شود که در صورت رخداد در یک منطقه مسیر بادهای غربی را سد کرده و بر روی سامانه‌های جوی و جبهه‌های هوا تأثیر گذاشته و جبهه‌های هوا را قوی‌تر و ماندگارتر می‌کند درنتیجه سامانه‌های بارشی با بارش بیشتر همراه خواهند بود (مؤمن پور،۱۳۹۰) و به‌این ترتیب در صورت فراهم بودن سایر شرایط بر تداوم و شدت بارش مؤثر خواهد بود، بنابراین بلاکینگ با توجه به موقعیت قرارگیری‌اش نسبت به مناطق تحت نفوذ به علت ماندگاری، می‌تواند برخی مناطق را با

بارش بیش‌ازحد نرمال و گاهی حتی بارش سنگین و سیل‌آسا و برخی مناطق دیگر را با بارش کمتر از نرمال و پایداری (عدم وقوع بارش) مواجه کند.

مطالعه رخداد بلاکینگ و اثر آن بر روی بارش به‌ندرت انجام‌شده و در بیشتر موارد به‌صورت موردی و چشمی بوده است. مطالعات وسیع‌تری هم انجام‌شده که از حالت موردی خارج‌شده و اما درروش مطالعه از رویکرد محیط به گردش استفاده کرده‌اند؛ درنتیجه نتوانسته تمام موارد رخداد بلاکینگ را آشکار کند. این در حالی است که با استفاده از معیارهای کمی نظیر شاخص‌های آشکارکننده می‌توان یک مطالعه گردش به محیط را در زمینه آشکارسازی رخداد بلاکینگ انجام داد. انتخاب روش کمی مناسب و برنامه‌نویسی آن‌ها در بستر نرم‌افزاری مناسب و استفاده از فیلترهای سینوپتیکی لازم می‌تواند به‌دقت و صحت آشکارسازی موارد رخداد بلاکینگ کمک کند.

ازآنجایی‌که بیشتر بلاکینگ‌ها از نوع امگا می‌باشند و همیشه با یک جفت ناوه در سمت شرق و غرب خود همراه هستند، درنتیجه نواحی مجاور بلاک که کم‌فشار هستند با بارش مداوم و گاهی شدید، در صورت فراهم بودن سایر شرایط همراه هستند. منطقه پشته بلاکینگ با شرایط خشک و پایدار مواجه است. هر بارش سنگینی ممکن است به دلیل رخداد بلاکینگ نباشد، هر واچرخندی هم نمی‌تواند بلاکینگ محسوب شود؛ هرچند که با توجه به سایر شرایط ممکن است منجر به بارش سنگین شود. در مطالعه نقش واچرخندها در رخداد بارش‌های سنگین دهه اخیر در ایران طی سال‌های ۱۹۹۷تا ۲۰۰۶ که بارش‌های ۳۰ میلیمتر و بیشتر را به‌عنوان بارش سنگین معرفی کرده، ۱۰ موج سنگین بارش شناسایی‌شده که در ۸ موج آن حاکمیت واچرخند در ایران روی محور زاگرس یا مناطق مرکزی و شرقی‌تر مشاهده‌شده است (براتی و همکاران،۱۳۹۱) که از بین این موارد تنها برخی از آن‌ها با توجه به بررسی شرایط قبل و بعدشان بلاکینگ محسوب می‌شود؛ بنابراین می‌توان دریافت که رخداد بلاکینگ بر روی تداوم بارش بیش از شدت بارش مؤثر باشد. به همین دلیل است که در فیلترهایی که در شناسایی رخدادهای بلاکینگ، در شاخص دو بعدی به کار گرفته شده در این پژوهش به کار رفته است، فیلتر طول مدت که ۵ روز است، دارای اهمیت ویژه‌ای است و به‌عنوان فیلتر تکامل زمانی پس از فیلتر گسترش فضایی مهم می‌باشد.

مطالعه تأثیر بلاکینگ بر روی بارش ایران اولین مطالعه‌ای بود که ضمن معرفی پدیده بلاکینگ، بر اساس معیارهای شاخص کیفی رکس، اثر بلاکینگ بر روی بارش قسمت‌های مختلف ایران را بررسی کرده است (عزیزی ۱۳۷۵). در مطالعه بی‌نظمی‌های بارش ایران در ارتباط با بلاکینگ اتمسفری نتایج نشان داده است که اگر زبانه جنوبی بلاکینگ از نوع دو قطبی بر روی منطقه‌ای واقع شود، منجر به بارش مداوم و بلندمدت می‌شود (عزیزی و خلیلی، ۲۰۰۷). مطالعه اقلیم‌شناختی بلندمدت ٦٠ ساله بلاکینگ‌های مؤثر بر آب و هوای ایران در دوره سرد سال نشان داده که بلاکینگ دوقطبی و رکس به‌ندرت رخ می‌دهند و رخداد آن‌ها موردی

است و بیشتر بلاکینگ‌هایی که بر بارش ایران مؤثر هستند، از نوع امگا می‌باشند (درگاهیان،۱۳۹۲). رخدادهای بارش متأثر از بلاکینگ در ایران بیشتر تحت تأثیر کم‌فشار سمت راست است هرچند که کم‌فشار سمت چپ نیز با فراوانی کمتر بارش ایران را متأثر می‌کند.

تاکنون به روش کمی و بلندمدت اثر بلاکینگ بر بارش ایران مطالعه نشده است. در تحلیل همدیدی و دینامیکی سامانه‌های بندالی، رخدادهای بلاکینگ تشکیل‌شده بر روی اقیانوس اطلس از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۷ بر اساس شاخص آشکارکننده یک بعدی، مورد بررسی شده و از بین آن‌ها مواردی را که بر روی بارش ایران تأثیر داشته‌اند شناسایی و چند مورد رخداد سیل و تداوم بارش را در ایران نشان داده است (حبیبی، ۱۳۸۵). در یک مطالعه اقلیم‌شناختی ۱۰ ساله در نیمکره شمالی که شامل منطقه وسیع، اطلس- اروپا و آسیاست، ایران جزو منطقه موردمطالعه آمده است (آزاد، ۱۳۸٦). در بین مطالعات موردی می‌توان به مطالعه نقش سامانه بندالی در چرخندزایی روی شرق دریای مدیترانه و بررسی نقش آن در سیل مارس۲۰۰۰ در منطقه غرب ایران اشاره کرد که در آن وقوع پدیده بلاکینگ و قرارگیری ایران تحت تأثیر ناوه سمت راست عامل وقوع سیل شناخته‌شده است (حبیبی، ۱۳۸٦).

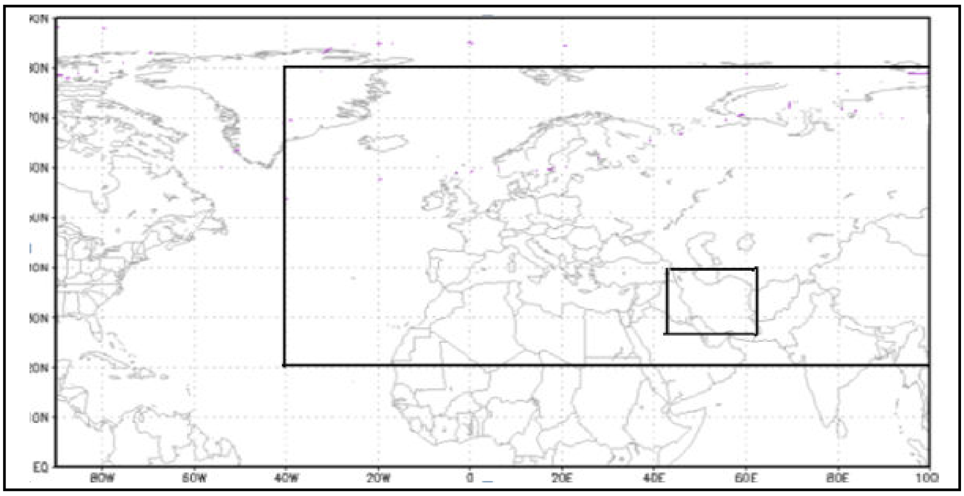
بلاکینگ دارای انواع متنوعی است با توجه به نوع بلاک و موقعیت قرارگیری منطقه موردمطالعه نسبت به آن میزان بارش می‌تواند متفاوت باشد. در بلاکینگ های نوع امگا، قرارگیری در ناوه‌های جانبی آن می‌تواند منجر به بارش مداوم و سنگین شود و قرارگیری در زیر محور پشته بلاک منجر به پایداری و خشکی هوا شود. در این مطالعه الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ مؤثر بر رخداد بارش‌های سنگین و مداوم که ۵ روز و بیشتر طول کشیده‌اند به روش کمی و بر اساس جدیدترین و کامل‌ترین شاخص کمی اقلیم‌شناختی آشکارکننده رخداد بلاکینگ شناسایی شده‌اند.

با توجه به اینکه در هر منطقه بارش اساس توسعه پایدار محسوب می‌شود؛ لذا شناخت الگوهای مؤثر بر بارش به‌ویژه بارش‌های مداوم و سنگین، به‌منظور پیش‌بینی و آگاهی از رخداد آن‌ها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. مطالعه بلندمدت الگوهای فشار و پدیده‌های همدیدی مرتبط با سیستم‌های بلاکینگ مؤثر بر بارش گام اساسی در جهت شناخت آن‌هاست. از طرفی با توجه به این‌که بیشتر مطالعات تاکنون به‌صورت موردی بوده است شناخت این الگوها در بلندمدت به روش کمی می‌تواند منجر به بالا رفتن دقت و صحت پیش‌بینی بارش شود.

شناسایی الگوهای غالب سینوپتیکی مرتبط با عارضه بزرگ‌مقیاس بلاکینگ و تأثیر آن بر رخداد هر پدیده به‌منظور استفاده از آن در پیش‌بینی شرایط آینده با دقت و صحت بالا به خاطر ویژگی شبه ایستور بودن بلاکینگ، در برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت اقلیمی از اهمیت زیادی برخوردار است و به بالا بودن درصد اطمینان پیش‌بینی میان‌مقیاس (۳-۱۰روز) شرایط آب و هوایی کمک می‌کند.

۲. منطقه موردمطالعه

بلاکینگ یکی از پدیده‌های بزرگ‌مقیاس است که ریشه در گردش عمومی جـو دارد و بـا خـود سیـستم‌هـایی در مقیاس سینوپتیک به همراه دارد. مطالعات مربوط به بلاکینگ در نیمکره شمالی و جنوبی انجام‌شده است (وایـدنمن[1] و همکاران، ۲۰۰۲)؛ اما ازآنجایی‌که رخداد آن در نیمکره شمالی بیشتر است، مطالعات مربـوط بـه آن در نیمکـره شـمالی بیشتر است. در نیمکره جنوبی یک منطقه بیشینه رخداد بلاکینگ وجود دارد (تیبالدی[2] و همکاران،۱۹۹۳)، درحـالی‌کـه در نیمکره شمالی دو منطقه بیشینه شامل؛ منطقه اطلس– اروپا و اقیانوس آرام است. حال بـا توجـه بـه اینکـه ایـران در شرق منطقه بیشینه اطلس– اروپا واقع‌شده و تـاکنون اطلاعـاتی در زمینـه موقعیـت جغرافیـایی رخـدادهایی کـه آب و هوای ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند در دست نبود؛ لذا به‌منظور شناسایی و آشکارسازی رخـدادهای بلاکینـگ مـؤثر بر آب و هوای ایران یک منطقه وسیعی از ۹۰- درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی طول جغرافیایی که شامل کـل منطقـه اطلس و اروپا شود، در نظر گرفته شد. با وجودی که بلاکینگ پدیده غالب عرض‌های میـانی شـناخته‌شـده اسـت، امـا حد پایین عرض جغرافیایی آن مشخص نشده بود لذا عرض جغرافیایی صفر تا ۹۰ درجه در نظر گرفتـه شـد. پـس از مرحله آشکارسازی و شناسایی موقعیت و منشأ بلاکینگ های مؤثر بر آب و هوای ایران، منطقه موردمطالعـه از ۹۰- بـه ۴۰- درجه غربی محدود شد، اما ۱۰۰ درجه شرقی طول جغرافیایی ثابت ماند، زیـرا برخـی مواقـع بلاکینـگ‌هـایی در شمال شرق ایران تشکیل می‌شد که تراف سمت چپ آن ایران را تحت تأثیر قرار می‌داد. عـرض جغرافیـایی نیـز از ۲۰ تا ۸۰ درجه شمالی در نظر گرفته شد زیرا در بلاکینگ‌های قوی که محور تراف عمیق می‌شود تا عرض‌های پـایین نیـز اثر بلاکینگ ادامه دارد.



شکل ۱ منطقه مورد مطالعه

1 Wiedenmann
2 Tibaldi

۳. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی سیستم‌های بلاکینگ مؤثر بر آب و هوای ایران داده‌های روزانه مربوط به ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده ۹۰N-۰ و۹۰W-۱۰۰E- با تفکیک ۲/۵ درجه برای دوره ۲۰۱۲-۱۹۵۳ از سایت NCEPدریافت شد. ابتدا بر اساس شاخص آشکارسازی دو بعدی، شرایط رخداد بلاکینگ در محیط نرم‌افزار MAT LAB برنامه‌نویسی شد و موقعیت و منشأ سیستم‌های بلاکینگ مؤثر بر آب و هوای ایران مشخص شد. در مرحله بعد به‌منظور مطالعه رخدادهای مؤثر بر بارش ایران منطقه موردمطالعه به ٤۰W-۱۰۰E- و ۸۰N-۲۰ محدود شد.

الگوهای فشار مربوط به سیستم‌های بلاکینگ مؤثر بر آب و هوای ایران با استفاده روش تحلیل عاملی و خوشه‌بندی چندهسته‌ای K-means، در محیط نرم‌افزار SPSS تعیین شدند. ۷ الگوی فشاری مرتبط با بلاکینگ به دست آمد، پس از چرخش عامل‌ها به روش وریمکس این الگوها ۸۰ درصد از واریانس داده‌ها را تبیین کردند. از ۷ الگوی به‌دست‌آمده الگوهای مرتبط با دما از الگوهای مرتبط با بارش تفکیک شدند به‌طوری‌که چهار الگوی فشار مؤثر بر بارش شناسایی شد؛ که شامل الگوی فشار تراف سمت راست امگا، الگوی تراف سمت چپ امگا، الگوی دو قطبی و الگوی رکس بودند. شرایط همدیدی و سینوپتیکی برای هر الگو به‌طور نمونه یک مورد در سطوح فوقانی ۳۰۰ هکتوپاسکال، سطوح میانی ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین، جهت کمک به پیش‌بینی کوتاه‌مدت اقلیمی با کمک مدل‌های پیش‌بینی عددی میان‌مقیاس، بررسی و شناسایی شد.

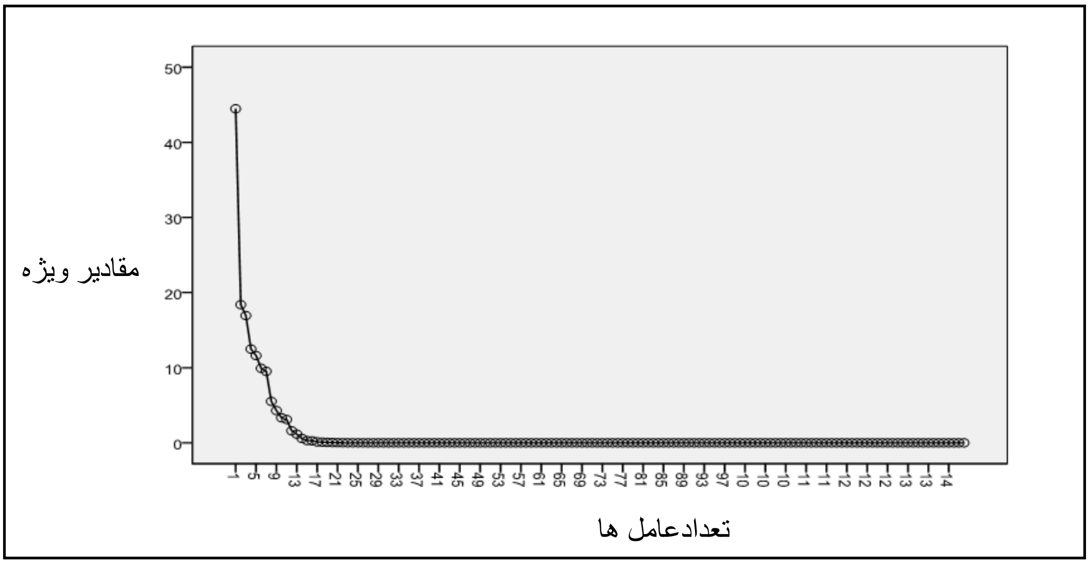
٤. بحث و نتایج

پس از آشکار شدن رخدادها از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی چندهسته‌ای K-means، تمامی روزهای موردمطالعه به هفت عامل تقسیم شدند به‌طوری‌که این هفت عامل ۸۰ درصد از واریانس داده‌ها را تبیین کردند. شیب عامل اول نسبت به عامل‌های بعدی زیاد است و این امر ناشی از طبیعت رخدادهاست که بیشتر از نوع امگا هستند. در جدول ۱ مقدار ویژه واریانس متناظر با عامل‌ها را نشان می‌دهد. عامل اول ۲۹ درصد واریانس را تبیین می‌کند و با احتساب اینکه ما هر عاملی که ۵ درصد واریانس را تبیین کند به‌عنوان عامل تعیین‌کننده در نظر گرفتیم، ۷ عامل اول درمجموع ۸۲/٦ درصد واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کنند. در ستون Extraction Sums of Squared Loadings، واریانس تبیین شده عامل‌هایی است که مقادیر ویژه آن‌ها بیشتر از عدد یک باشد. ستون Rotation Sums of Squared Loadingsمجموع مقادیر عامل‌های استخراج‌شده بعد از چرخش را نشان می‌دهد.

جدول ۱ درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف

component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared l ading			Rotation Sums of Squared loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative%	Total	% of Variance	Cumulative	Total	% of Variance	Cumulative%
۱	٤۱,۸٦۸	۲۹,۰۷۵	۲۹,۰۷۵	٤۱,۸٦۸	۲۹,۰۷	۲۹,۰۷۵	۲۰,۱۵۷	۱۷,٥۲٦	۱۷,٥۲٦
۲	۱۸,۱۰۱	۱۲,٥۷۰	٤۱,٦٤	۱۸,۱۰۱	۱۲,٥۷	٤۱,٦٤	۱۸,۸۳٦	۱۳,۸۲۹	۳۱,۳٥٥
۳	۱٤,۰۹٥	۹,۷۸۸	٥۱,٤۳	۱٤,۰۹٥	۹,۷۸۸	٥۱,٤۳	۱٥,۳۸۳	۱۱,۹۸۸	٤۳,۳٤۳
٤	۱۳,۱٥۹	۹,۱۳۸	٦۰,٥۷	۱۳,۱٥۹	۹,۱۳۸	٦۰,٥۷	۱٤,٥٦٥	۱۱,۸٤۲	٥٥,۱۸٥
٥	۱۱,۸۱٦	۸,۲۰٥	٦۸,۷۷	۱۱,۸۱٦	۸,۲۰٥	٦۸,۷۷	۱۳,۱۳٤	۹,۱۲۱	٦٤,۳۰٦
٦	۱,۳۷۰	۷,۲۰۱	۷٥,۹۷	۱,۳۷۰	۷,۲۰۱	۷٥,۹۷	۱۳,۷٦۷	۸,۱۷۲	۷۲,٤۷
۷	۹,٤٥٥	٦,٦۲۸	۸۲,٦۰	۹,٤٥٥	٦,٦۲۸	۸۲,٦۰	۱۱۱,۳۲	۷,۲۰٦	۷۹,٦۸٤

شکل۲، تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها نشان می‌دهد. عامل اول نسبت به عامل‌های بعدی شیب زیادی دارد و از عامل هفتم به بعد شیب تغییرات مقدار ویژه کم می‌شود. پس علاوه بر عامل اول که بیشترین سهم را در تبیین واریانس داده‌ها دارد، شش عامل بعد در درجه دوم اهمیت به ترتیب قرار دارند. به‌طوری‌که ۷ عامل اول ۸۲ درصد واریانس داده‌ها را تبیین می‌کند که پس از دوران عامل‌ها درمجموع۷۹,٦ درصد از واریانس داده‌ها را تبیین می‌کند که این درصد با توجه به تنوع اشکال بلاکینگ رضایت‌بخش است.



شکل ۲ نمودار پلکانی، تغییرات مقادیر ویژه در ارتباط با عامل ها

پس از انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی ۷ الگوی مؤثر بر آب و هوای ایران استخراج گردید که از بین آن‌ها ٤ الگو بر بارش مؤثر بودند که عبارت‌اند از: الگوی فشار تراف سمت راست امگا، الگوی تراف سمت چپ امگا، الگوی دو قطبی و الگوی رکس. هرکدام از الگوها همراه با شرایط سینوپتیکی آن‌ها در سطوح بالا، میانی و زمین به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفتند.

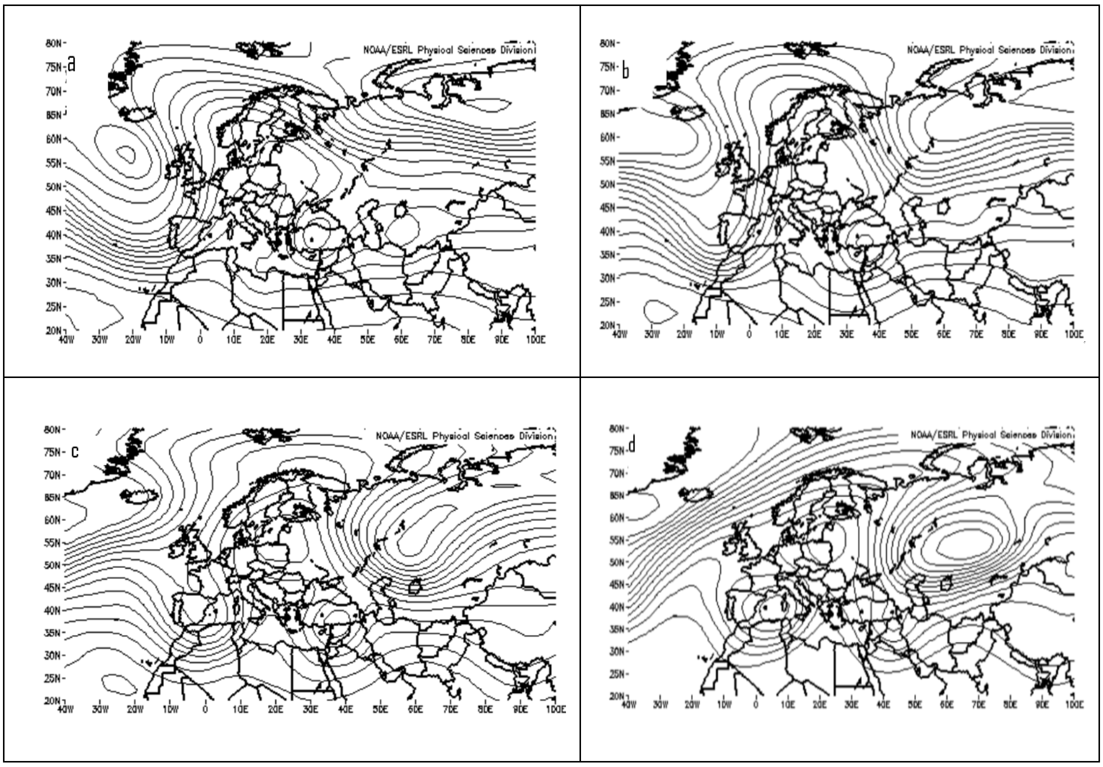
۱. ٤. الگوی امگا تراف سمت راست

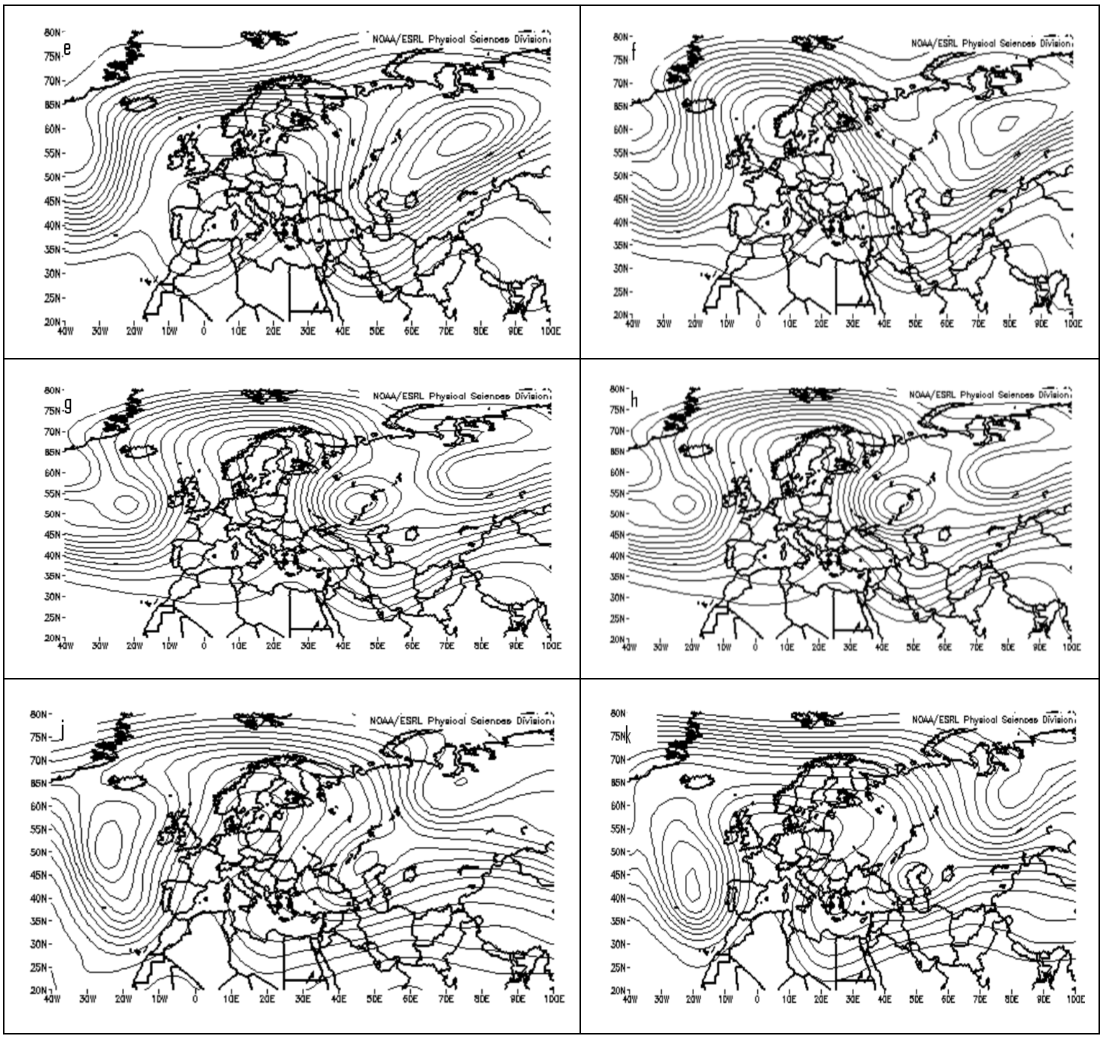
بلاکینگ یک پدیده بزرگ‌مقیاس است که قسمت‌های مختلف آن با پدیده‌های همدیدی متفاوتی همراه است. مراکز بلاکینگ که ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند بیشتر در عرض‌های بالا، بین ٥٥ تا ٦٥ درجه شمالی می‌باشد. از طرفی با توجه به این‌که ایران در شرق منطقه بیشینه اطلس– اروپا قرار دارد بیشتر تحت تأثیر تراف سمت راست این بلاکینگ ها که بیشتر هم از نوع امگا هستند، قرار می‌گیرد؛ بنابراین بلاکینگ هایی که تراف سمت راست آن‌ها ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد در اروپا تشکیل می‌شوند. زمانی که ایران در جلو تراف و زیر محور تراف قرار گیرد به‌تدریج از غرب به شمال شرق کشور شاهد بارشی مداوم و ملایم و در برخی موارد در صورت فراهم بودن سایر شرایط و تغذیه رطوبت کافی بارش شدید و سنگین خواهیم بود.

تراف سمت راست بلاکینگ در سطح زمین با یک کم‌فشار همراه است. هرچه تراف عمیق‌تر باشد کم‌فشار سطح زمین نیز قوی‌تر بوده و عمر بیشتری دارد و جبهه‌های آن نیز قوی‌تر است؛ درنتیجه منجر به بارش خوب و مداوم می‌شود. کم‌فشارهای سطح زمین که با تراف های بلاکینگ همراهی می‌شوند به علت بلاک شدن هوا در پشت سرشان برای چند روز و گاهی چند هفته ماندگار شده و حرکت بسیار کندی را به سمت شرق دارند؛ بنابراین چون بلاکینگ به‌صورت یک مانع عمل می‌کند حرکت کم‌فشار سطح زمین کند شده و مراحل تشکیل، تقویت و تضعیف جبهه نیز کند می‌شود که درنتیجه منجر به تداوم بارش می‌شود. بارش‌های الگوی تراف سمت راست بلاکینگ از شدت و تداوم بیشتری نسبت به سایر الگوها برخوردارند. در سطح زمین نیز کم‌فشار قوی‌تری حاکم است که به دلیل ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا به قسمت عقب فرود است که سبب تقویت جبهه سرد نیز می‌شود. به‌علاوه در کم‌فشارهای سمت راست سرعت قائم و صعود هوا بیشتر شده و منجر به بارش بیشتر می‌شود و به علت افزایش میدان دمایی، فرارفت دما در سطح ۸۵۰ هکتوپسکال نیز رخ می‌دهد که منجر به تقویت سامانه جهت بارش بیشتر و مداوم‌تر می‌شود. در بلاکینگ‌های قوی عمق تراف ها بیشتر است و سامانه‌های جوی به عرض‌های پایین‌تر نفوذ می‌کنند؛ بنابراین بلاکینگ حتی بر مسیر سامانه‌های جوی مؤثر است و بیشتر سامانه‌های جوی در صورت عدم حضور بلاکینگ از مسیرهای شمالی‌تری عبور می‌کنند؛ بدین ترتیب با وجودی که بلاکینگ پدیده غالب عرض‌های میانی است اما عرض‌های پایین‌تر، حتی تا ۲۰ درجه هم از اثرات آن بی‌بهره نیستند.

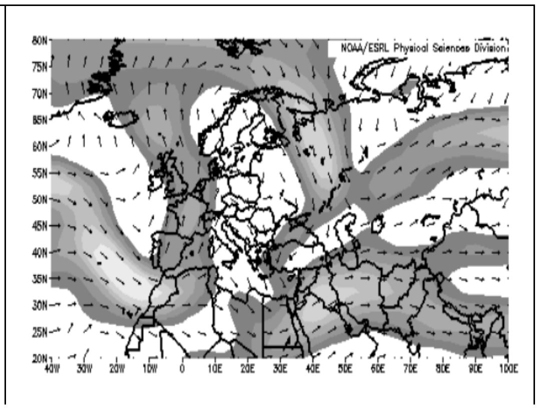
بلاکینگ مانند یک واداشت عمل کرده و مسیر معمول بادهای غربی را سد می‌کند و موجب دو شاخه‌ای شدن جریانات بخصوص در سطوح میانی و فوقانی جو می‌شود که این انحراف جریانات، خود را در ارتفاع ژئوپتانسیلی ۳۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال بهتر نشان می‌دهد.

با توجه به اهمیت سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در نشان دادن بلاکینگ، تأثیرپذیری ایران از رخداد بلاکینگ، تحت تأثیر تراف سمت راست به صورت الگوی روزانه بلاکینگ امگا از ۲۰۱۱/۱۱/٤ تا ۲۰۱۱/۱۱/۱۳، در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، در شکل۳ نشان داده شده است. مدت زمان عمر این بلاکینگ از زمان تشکیل تا بلوغ و میرایی درمجموع ۱۰ روز بوده است و سیستم با توجه به ویژگی شبه ایستور بودنش حرکت شرق سوی بسیار کندی داشته است و همین امر سبب شده که قسمت های مختلف ایران از غرب به شرق چند روز متوالی به ترتیب در جلو تراف و در زیر محور تراف واقع شوند و دارای شرایط ناپایداری و صعود لازم برای بارش باشند. در اکثر ایستگاه‌های تحت تأثیر، یک تا دو روز بارش سنگین بیش از ۲۰ میلیمتر گزارش شده است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ریزش هوای سرد از عرض های بالا شرایط لازم برای فرارفت هوای سرد و تقویت سامانه را فراهم کرده است. در شکل ٤ در ارتفاع ۳۰۰ هکتوپاسکال دو شاخه‌ای شدن جریان جت کاملاً نمایان است و بادهای غربی که مسیر غربی–شرقی دارند در برخور با بلاکینگ منحرف شده و بخشی از آن در جنوب بلاکینگ و بخشی دیگر در شمال آن ادامه مسیر داده‌اند. در سطح زمین نیز به‌طور میانگین یک کم‌فشار ۱۰۰۸هکتوپاسکال بر روی ایران تسلط دارد (شکل ۵).

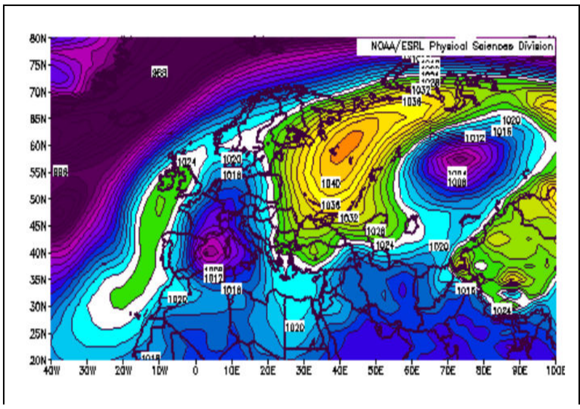




شکل۳ ایران تحت تاثیر تراف سمت راست الگوی روزانه بلاکینگ امگا از ۲۰۱۱/۱۱/٤ تا ۲۰۱۱/۱۱/۱۳



شکل٤ نقشه میانگین ارتفاع ژئوپتانسیلی **hpa** ۳۰۰

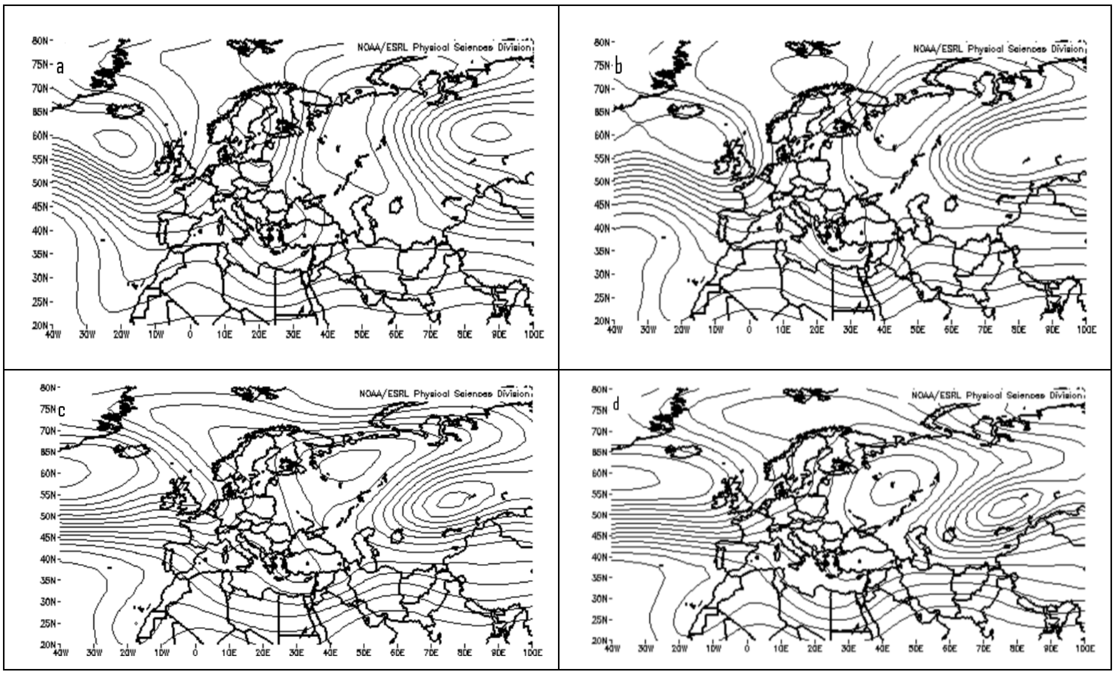


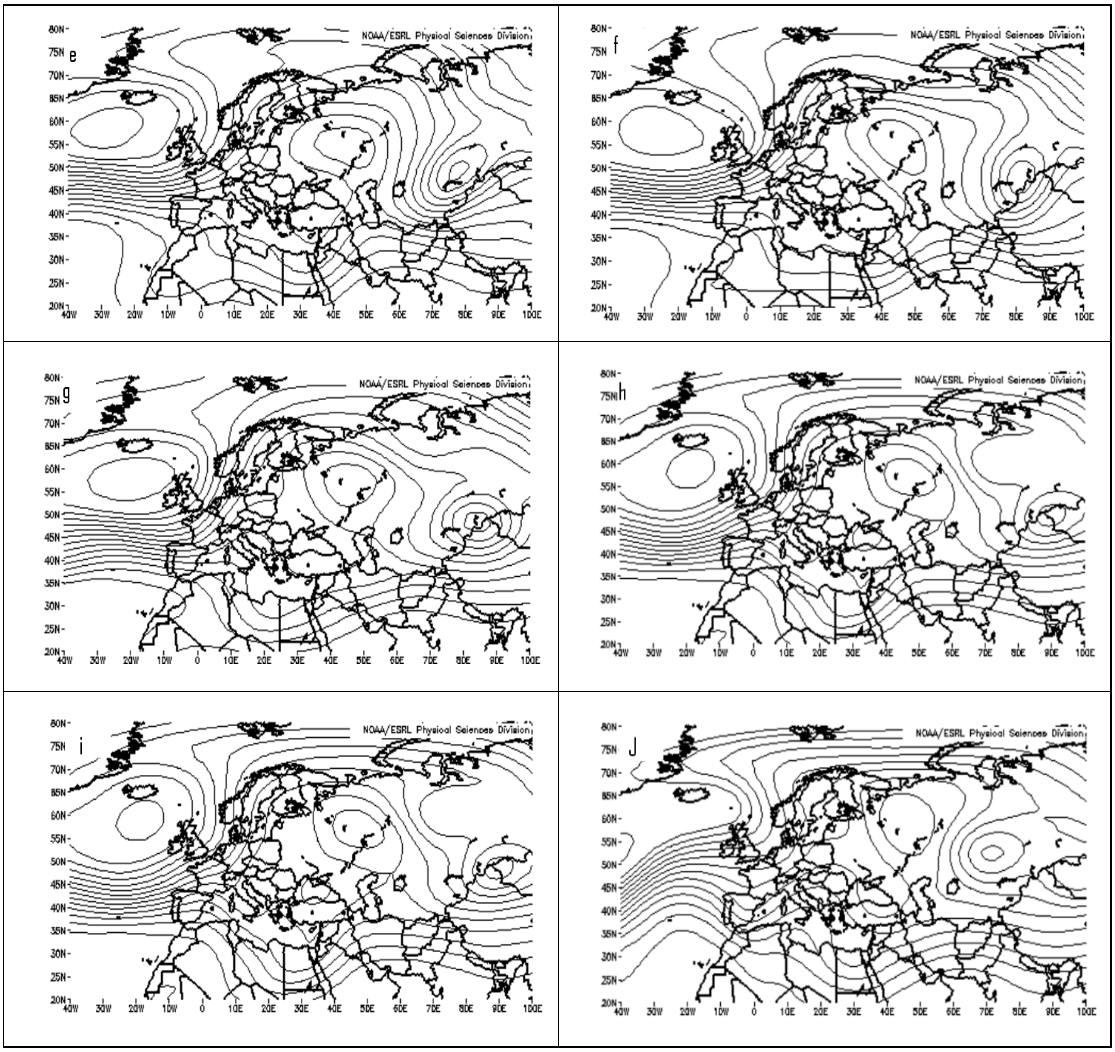
شکل۵ نقشه میانگین فشار سطح زمین

۲. ٤. الگوی امگا تراف سمت چپ

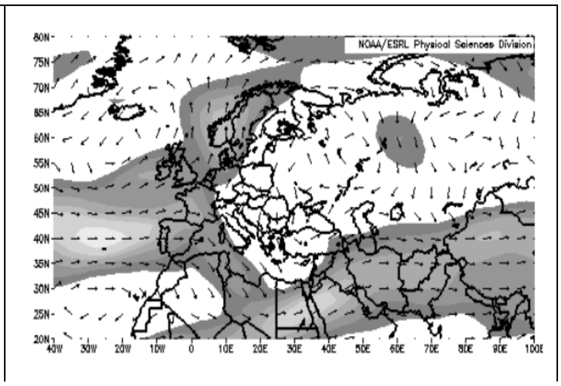
بلاکینگ هایی که مرکز آنها در عرض های ۵۵ تا ٦۵ و طول های جغرافیایی ۵۵ تا ۷۰ درجه شرقی قرار دارند، تراف نیمه چپ آنها آب و هوای ایران را متاثر می‌کند. هرچند که فروانی این الگو از الگوی قبل کمتر است اما برخی مواقع به مدت طولانی یعنی بیش از ۱۰ روز ایران را تحت تاثیر قرار داده و منجر به بارش مداوم در کشور شده است. تراف سمت چپ در برخورد با پشته بلند و قوی بلاکینگ مجبور به ماندگاری شده و جریان هوا در برخورد با این پشته ناچار به صعود می‌شود و در نتیجه به بارش مداوم و گاهی شدید و سنگین منجر می‌شود. این تراف نیز مانند تراف سمت راست در مرحله تشکیل ضعیف بوده، در مرحله بلوغ به حداکثر رشد خود رسیده و عمیق می‌شود و با توجه به شدت رخداد تا عرض های پایین هم می‌رود؛ اما همیشه با تراف سمت راست قرینه نمی باشد و ممکن است هر یک از تراف ها از نظر عمق با توجه به شرایط دیگر، مقداری بالا و پایین شوند.

در شکل ٦ نقشه روزانه الگوی تراف سمت چپ امگا در یک دوره ۱۰ روزه برای ارتفاع۵۰۰ ژئوپتانسیلی نشان داده شده است. با توجه به نقشه سطح ۵۰۰ ایران بخصوص غرب و شمال غرب در جلو تراف سمت چپ واقع شده است و شرایط برای ناپایداری و بارش مداوم فراهم است. در اکثر ایستگاه ها ی منطقه تحت تاثیر، علاوه برتداوم بارش، چند روز با بارش سنگین نیز مشاهده شده است. در سطوح فوقانی جو نیز دوشاخه ای شدن جریان بادهای غربی مشاهده می‌شود(شکل۷).در سطح زمین نیز زبانه کم فشار ۱۰۱۲ هکتوپاسکال، تراف سمت چپ را همراهی کرده (شکل ۸) و شرایط را برای بارندگی مداوم و سنگین فراهم کرده است.

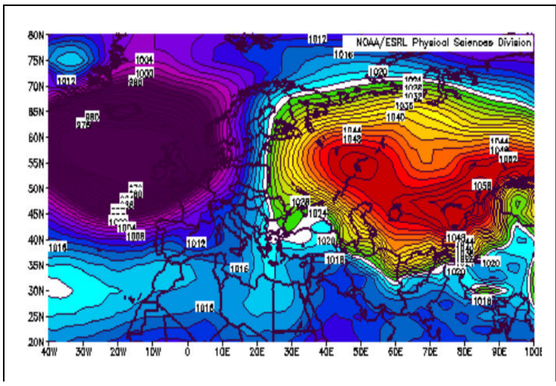




شکل ٦ ایران تحت تاثیر تراف سمت چپ الگوی بلاکینگ امگا از ۱۹٥٤/۱۱/۲۲ تا ۱۹٥٤/۱۲/۱



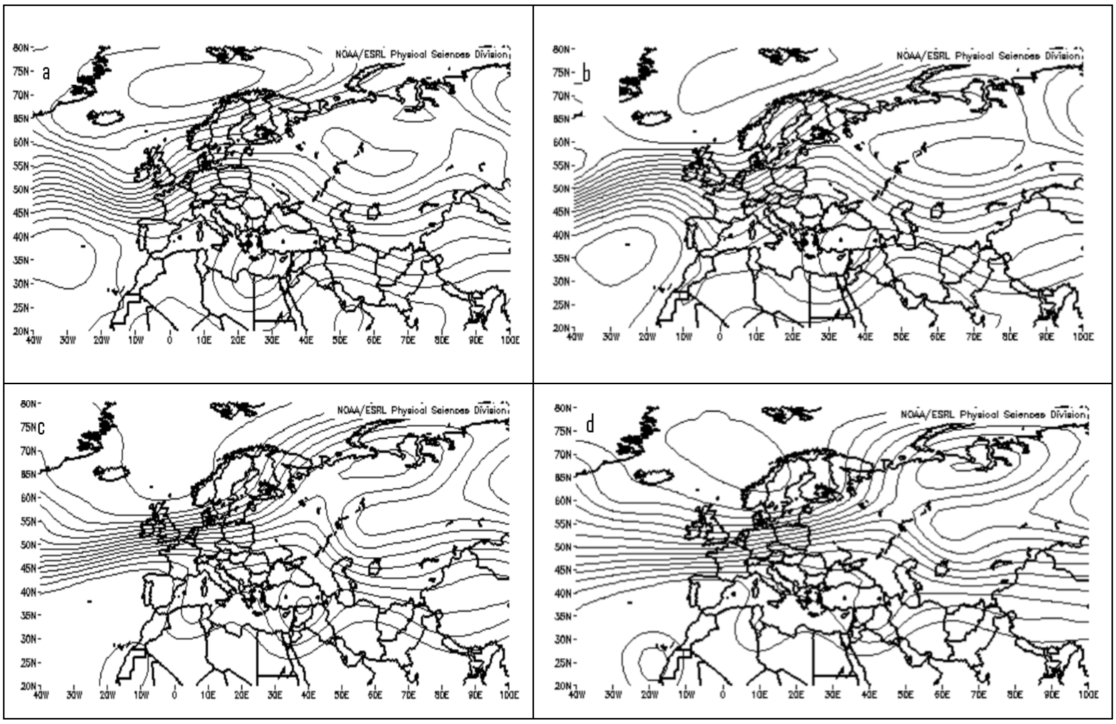
شکل۷ نقشه میانگین ارتفاع ژئوپتانسیلی سطحhpa ۳۰۰

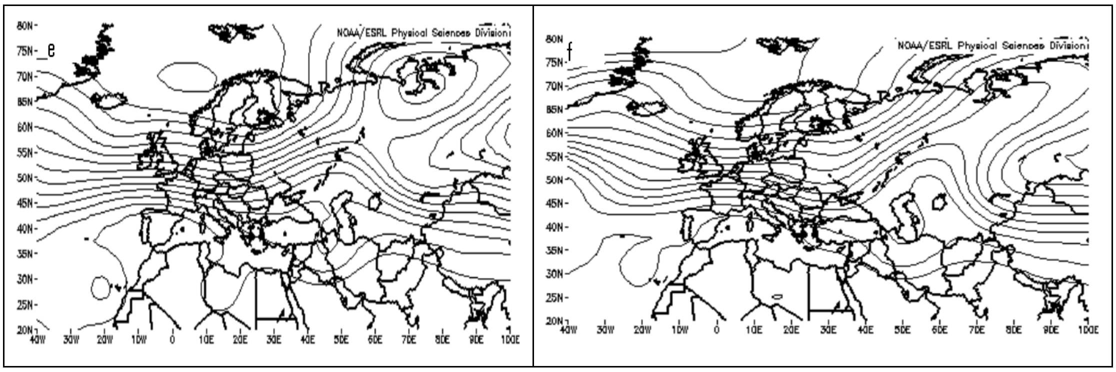


شکل ۸ نقشه میانگین فشار سطح

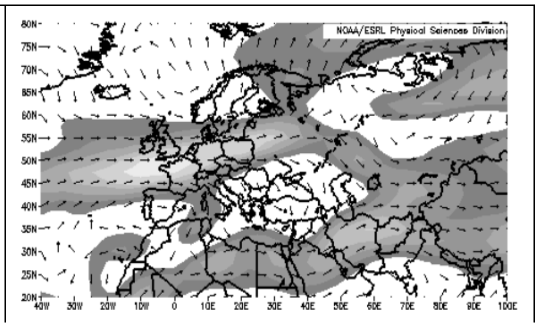
٤.٣. الگوی دو قطبی

اگر در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یک مرکز پر ارتفاع بر روی یک مرکز کم ارتفاع قرار گیرد، این نوع سامانه مشاهده می‌شود. جریان جت استریم در برخورد با این نوع بلاکینگ به دو شاخه تقسیم می‌شود؛ که در سطح ۳۰۰ هکتو پاسکال قابل مشاهد است. با توجه به موقعیت منطقه نسبت به موقعیت رخداد بلاکینگ الگوی دو قطبی ممکن است منجر به دو الگوی متفاوت و در نتیجه اثرات متضادی بر روی بارش شود. اگر منطقه تحت شرایط ناپایداری ناشی از جلو تراف پایینی واقع شود شرایط برای ناپایداری و بارش مداوم فراهم می‌شود، اما اگر تحت تاثیر سایر قسمت های بلاکینگ باشد اثرات آب و هوایی و اقلیمی متفاوت دیگری خواهد داشت. در بلاکینگ دو قطبی مرکز کم ارتفاع در عرض های بالاتر و مرکز کم ارتفاع در عرض های پایین تر قرار دارد. مرکز کم ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال را یک کم فشار در روی زمین همراهی می‌کند. اگر منطقه تحت تاثیر بلاکینگ در جلو تراف و یا زیر محور تراف این کم ارتفاع قرار گیرد، منجر به بارش مداوم و در صورت فراهم بودن سایر شرایط بارش شدید می‌گردد. در شکل۹ نقشه میانگین یک بلاکینگ دوقطبی ٦ روزه در ارتفاع ژئوپتانسیلی۵۰۰ ، و نقشه دو قطبی شدن جریان جت در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح زمین ترسیم شده است(شکل۱۰). در این مدت غرب و شمال غرب کشور در جلوی تراف کم ارتفاع پایینی قرار گرفته و شرایط برای صعود و ناپایداری و بارش مدوام و سنگین فراهم شده است. در سطح زمین نیز زبانه کم فشار۱۰۱۲هکتوپاسکالی، سامانه را همراهی می‌کند(شکل۱۱).

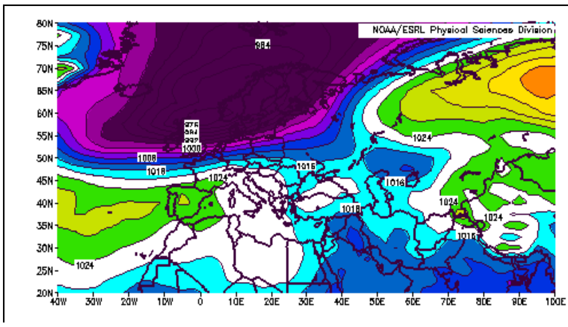




شکل۹ ایران تحت تاثیر جلو تراف کم ارتفاع پایینی در الگوی بلاکینگ دو قطبی ۱۹۹٦/۱۱/٤تا ۱۹۹٦/۱۱/۹



شکل۱۰ نقشه میانگین ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح ۳۰۰



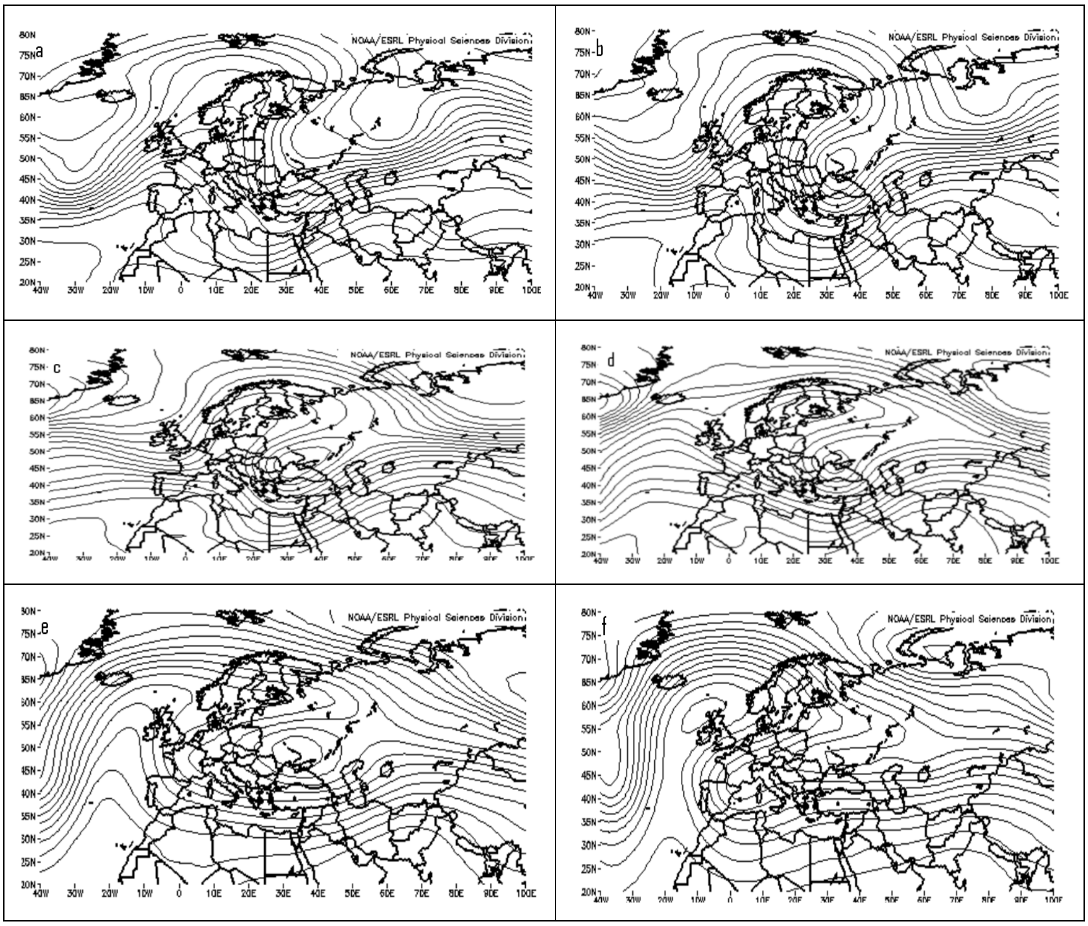
شکل۱۱ نقشه میانگین فشار سطح زمین

٤ .٤. الگوی رکس

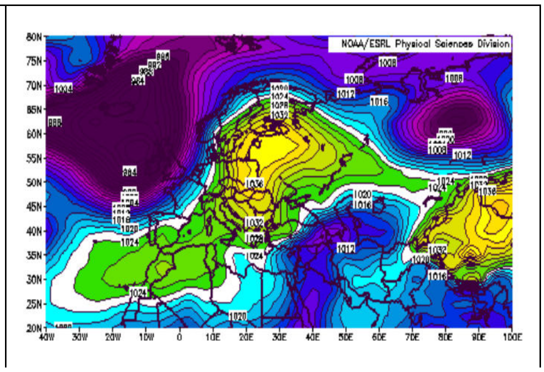
این نوع بلاکینگ از نظر شکل شبیه به یک S خوابیده می‌باشد. به طوری که یک ریج بزرگ در شمال یک تراف بزرگ قرار دارد. همانطور که در شکل۱۲مشاهده می‌شود، در این سامانه شارش ابتدا حول پشته و سپس حول ناوه طوری جریان دارد که در یک مسیر منحنی و در یک محدوده از طول جغرافیایی از عرض های بالا به سمت عرض های پایین آورده می‌شود، برای این که ذرات هوا در این مسیر باقی بمانند سرعت باد در سمت شرق کاهش می‌یابد. رخداد این نوع از بلاکینگ منجر به رخداد هوای سرد و پایدار در عرض های جغرافیایی بالا در محدوده پشته و هوای گرم و ناپایدار در عرض های پایین در محدوده ناوه می‌گردد و مقدار گرادیان نرمال دما کم می‌شود و همین امر منجر به حرکت کند شرق سوی سامانه می‌گردد.(حبیبی،۱۳۸۵). بنابراین جریان باد به علت چرخش به دور این شکل S خوابیده به سمت شرق کند بوده و همین امر منجر به ماندگاری آن در منطقه می‌گردد.

شکل۱۲ نقشه میانگین یک بلاکینگ رکس ٦ روزه در ارتفاع ژئوپتانسیلی ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. در این الگو پشته در عرض های بالا و ناوه در عرض های پایین تر قرار دارد و ایران تحت تاثیر جلو ناوه پایینی می‌باشد. در این الگو نیز در نیمه غربی ایران برای ٦ روز متوالی شرایط برای بارش مداوم و

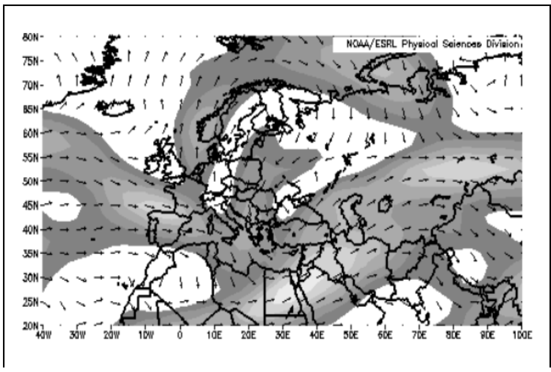
سنگین فراهم است که زبانه کم فشار سطح زمین با فشار مرکزی ۱۰۰۸ هکتوپاسکال آن را همراهـی مـی‌کنـد (شکل ۱۳). دو شاخه ای شدن جریان جت نیز در شکل ١٤ نشان داده شده است.



شکل۱۲ ایران تحت تاثیر جلو ناوه پایینی الگوی بلاکینگ رکس ١٩٦٠/٢/٢تا١٩٦٠/٢/٧



شکل۱۳ نقشه میانگین فشار سطح زمین



شکل١٤ نقشه میانگین ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح ۳۰۰

۵. نتیجه گیری

بلاکینگ یکی از پدیده‌های بزرگ‌مقیاس جوی است که پدیده‌های همدیدی متعددی در مقیاس سینوپتیک را به همراه دارد. بلاکینگ‌های مؤثر بر آب و هوای ایران در میان پارامترهای جوی بیشترین تـأثیر را بـر روی بارش دارند. رخداد بلاکینگ در برخی موارد می‌تواند به‌واسطه شدت و تداوم بارش در یک منطقـه منجـر بـه سیل و ایجاد خسارت در منطقه شود؛ لذا شناسایی الگوی غالب سینوپتیکی آن به‌منظـور پـیش‌بینـی و صـدور پیش آگاهی و در نظر گرفتن تمهیدات لازم در منطقـه تحـت تـأثیر، ازنظـر مـدیریت ریـسک، دارای اهمیـت قابل‌توجهی است. در برخی مطالعات، استفاده از روش چشمی به‌منظور شناسـایی اثـر بلاکینـگ بـر بـارش و سپس برآورد آن بر اساس یک شاخص کمّی از همان ابتدا امری گمراه‌کننده بـوده و منجـر بـه از بـین رفـتن موارد رخداد واقعی از ابتدای کار می‌شود. از طرفی استفاده از روش‌های دستی در مطالعات اقلیم‌شـناختی بـه دلیل حجم بالای اطلاعات امکان‌پذیر نیست و روش دسـتی یـک روش کیفـی محـسوب مـی‌شـود و سـلیقه پژوهشگر در آن دخالت داشته و نتایج از شخصی به شخص دیگر متفاوت خواهد بود. استفاده از روش هـای آماری مانند استفاده از نمره استاندارد بالاتر از ۰/۵+و کمتر از ۰/۵−به‌عنـوان ناهنجـاری‌هـای بـارش و یـافتن ارتباط آن با بلاکینگ نیز نمی‌تواند درست باشد؛ زیرا ناهنجاری‌های بارش تنها به دلیل رخداد بلاکینگ نیست و دلایل دیگری نیز می‌تواند داشته باشد. لذا استفاده از روش‌های کمی دقیق و کامل‌تری ضروری است که در این تحقیق از کامل‌ترین و جدیدترین شاخص آشکارسازی اقلیم‌شناختی وقوع بلاکینگ و شناسایی الگوهـای مؤثر آن بر بارش استفاده‌شده است.

پس از آشکار شدن رخدادها کلیه رخدادها در فصل سـرد و بـرای یـک دوره آمـاری ٦۰ سـاله بـا انجـام روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی به روش چندهسته‌ای K-means، الگوهای فـشار مـرتبط بـا سیستم‌های بلاکینگ به ۷ الگو تقسیم شدند که از بین آن‌ها چهار الگو بر بارش مؤثر بودند.

در بین الگوهای مؤثر بر بارش، الگوی امگا تراف سمت راسـت و چـپ بـه ترتیـب بیـشترین فراوانـی را داشت. دو الگوی دوقطبی و الگوی به ترتیب در درجه دوم اهمیت بودند. مراکز بلاکینگ کـه ایـران را تحـت تأثیر قرار می‌دهند بیشتر در عرض‌های بالای بین ۵۵ تا ٦۵ درجه شمالی است. از طرفی با توجـه بـه ایـن‌کـه ایران در شرق منطقه بیشینه اطلس– اروپا قرار دارد، بیشتر تحت تأثیر تراف سمت راست این بلاکینگ‌هـا کـه بیشتر هم از نوع امگا هستند قرار می‌گیرد؛ بنابراین بلاکینگ‌هایی که تراف سمت راست آن‌ها ایـران را تحـت تأثیر قرار می‌دهد، در اروپا تشکیل می‌شوند.

بلاکینگ‌هایی که مرکز آن‌ها در عرض‌های ۵۵ تا ٦۵ و طول جغرافیایی ۵۵ تا ۷۰ درجه شرقی قـرار دارنـد تراف نیمه چپ آن‌ها آب و هوای ایران را متأثر می‌کند. هرچند که فراوانی این الگو از الگوی قبل کمتر اسـت

اما برخی مواقع به مدت طولانی یعنی بیش از ۱۰ روز ایران را تحت تأثیر قرار داده و منجر بـه بـارش مـداوم در برخی مناطق شده است.

در الگوی بلاکینگ دو قطبی قرارگیری منطقه در جلو و زیر تراف پایینی و در الگوی بلاکینگ رکس در جلو ناوه پایینی، شرایط ناپایداری را برای بارش مداوم و گاهی شدید فراهم می‌کند. در بین الگوهای بلاکینگ منجر به بارش الگوی امگا از فراوانی و تداوم بارش بیشتری نسبت به سایر الگوها برخوردار بود. بررسی آماری بارش‌های ناشی از بلاکینگ نشان داد که بلاکینگ می‌تواند منجر به بارش‌های مداوم و شدید شود، اما برخلاف بارش‌های مداوم، هر بارش شدیدی ناشی از بلاکینگ نیست۱۷٤.

کتابنامه

آزاد، روح‌الله؛ ۱۳۸٦. مطالعه دینامیکی و اقلیم‌شناختی پدیده بلاکینگ بر روی منطقه اروپا–آسیا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

احمدی حجت، معصومه؛ احمدی گیوی، فرهنگ؛۱۳۹۱. مطالعه وقوع بلاکینگ در مرحله تقویت پرفشار سیبری. مجموع مقالات پانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران. ۲۸–۲٦ اردیبهشت.

براتی، غلامرضا؛ بداق جمالی، جواد؛ ملکی، ناصر؛ ۱۳۹۱. نقش واچرخندها در رخداد بارش‌های سنگین دهه اخیر غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۸۰. صص۸۵–۹۸.

حبیبی، فریده؛ ۱۳۸٦. نقش سامانه بندالی در چرخندزایی روی شرق دریای مدیترانه و بررسی نقش آن در سیل روی منطقه غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ٦۲. صص۱۲۷–۱۰۹.

عزیزی، قاسم؛ ۱۳۷۵. بلوکینگ و اثرات آن بر بارش ایران. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.

عزیزی، قاسم؛ شمسی پور، علی‌اکبر؛ میری، مرتضی؛۱۳۹۱. واکاوی همدیدی ارتباط آتش‌سوزی‌های ماه ژوئیه ۲۰۱۰ روسیه و سیل پاکستان. جغرافیا و توسعه. شماره ۲۹. صص۱٤٤–۱۳۱.

عزیزی، قاسم؛ نبوی، سیدامیر. آ؛ میری، مرتضی؛۱۳۹۱. داده‌کاوی گردش‌های جوی برای بررسی نقش الگوهای بندالی در ایجاد بارش‌های شمال شرق ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۸۱. صص ۱۳٦– ۱۰۹.

مفیدی، عباس؛ حسین زاده، سید رضا؛ محمدیاریان، محترم؛۱۳۹۲. جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۲٦. صص۱٦–۱.

مؤمن پور، فروغ؛ ۱۳۹۰، بررسی موردی اثر بلاکینگ بر روی جبهه‌زایی سطوح زیرین جو در خاورمیانه و اروپا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی. دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.

Ahmadi, H., Ahmadi,Givi, F., 2012. Study occurrence of blocking in Strengthened Siberian high-pressure phase. Fifteenth Conference articles Iran Geophysics.

Azad, R., 2007. Dynamics and climatology of blocking effect on the Europe – Asia blocking, MS Thesis, Tehran University Geophysics Institute.

Azizi, G., Shamsi poor, A., Miri, M., 2012. Synoptic analysis related fires in Russia and Floods in Pkistan July 2010. Geography and Development 29, 144-131.

Azizi, G., Nabavi, O., Miri, M., 2012. Atmospheric circulation data mining to explore the role of precipitation patterns in the creation of bandali North East Iran. Geography Research 81, 109-126.

Azizi, G., 1996. Blocking its effects on precipitation in Iran, Ph.D Dissertation, University of Tarbeit Modaress.

Azizi, G., Khalili, M., 2012. An investigation of Iran's precipitation anomalies in relation with atmospheric blocking, Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics Springer Atmospheric Sciences 2013, 521-526.

Barati, G., Bedaki Jamali, J., Maleki, N., 2012. The anticyclone in the event of heavy rainfall in recent decades, West Persia. Physical Geography Research 80, 85-89.

Barriopedro, D. R., Garcı´a-Herrera, A. R., 2006. Climatology of northern hemisphere blocking. Journal of Climate 19, 1042–10.

Bernd ,S., Richard ,B., Klaus ,F., 2011. Blocking detection based on synoptic filters. Advances in Meteorology 20, 1 -11.

Chris, W,. Hylke, V., Reindert J., 2012. On the direction of Rossby wave breaking in blocking. Climate Dynamics 39, 2823-2831.

Croci-Maspoli, M., Schwierz, C., Davies, H. C., 2007. A multifaceted climatology of atmospheric blocking and its recent linear trend. Journal of Climate 20, 633–649.

Davini, P., Cagnazzo, C., Gualdi, S., and Navarra, A., 2012. Bidimensional diagnostics, variability and trends of Northern Hemisphere Blocking . Journal of Climate 25, 6496–6509.

Etienne D.S., Seok W.S., and Hai, L., 2013. Evaluation of northern hemisphere blocking climatology in the global environment multiscale model. Monthiy Weather Review 141, 707–727.

Elizabeth A. Barnes, J.S., Tim ,W., 2011. A methodology for the comparison of blocking climatologies across indices, models and climate scenarios. Climate Dynamics 38, 2467-2481.

Habibi, F., 2007. The Role of Blocking in the Cyclogenesis of East Mediterranean and Examine its role in Flooding the area West of Iran, Geographical Research 62, 127-109.

Hughes, M., Alex, H., Robert, G., 2009. Blocking in Areas of Complex Topography and Its Influence on Rainfall Distribution. Journal of Atmospheric Science 66, 508–518.

Lu, M. M., Chih,P. C., 2009. Unusual late-season cold surges during the 2005 Asian Winter Monsoon Roles of Atlantic Blocking and the Central Asian Anticyclone Journal of Climate, 22 , 5205–5217.

Pook,M., Risbey, J., McIntosh , P., 2011. East coast lows, atmospheric blocking and Rainfall. Tasmanian perspective, 17th national conference of the Australian Meteorological and Oceanographic Society.

Momenpoor, F., 2011. A case study of the influence of the blocking on the low-leve front genesis in Europe and Middle East region, MS Thesis in weather, Science and Research Branch of Tehran.

Mofidi, A., Hosseinzadeh, S.R., Mohammadyariyan, M., 2013. Atmospheric hazard zonation in the North East of Iran, Geography and Environmental Hazards 6, 1-16.
Rimbu, N., Lohmann, G., 2011. Winter and summer blocking variability in the North
Atlantic region evidence from long-term observational and proxy data from southwestern Greenland. Climate of the Past 7, 543–555.
Renwick, J. A., Wallace, J. M., 1996. Relationships between North Pacific Winter time blocking, El Nino, and the PNA pattern. Monthiy Weather Review 124, 2071-2076.
Rimbu, N., Lohmann, G., Grosfeld, K., 2007. Blocking signature in ice core records from northern Greenland. Geophysical Research Letters 34, L09704.
Scaife, A.A., Woollings, T., Knight, J., Martin, G., Hinton, T., 2010. Atmospheric Blocking and Mean Biases in Climate Models. Journal of Climate 23, 6143–6152.
Scherrer, S. C., Croci-Maspoli, M., Schwierz, C., and Appenzeller, C., 2006. Two-dimensional indices of atmospheric blocking and their statistical relationship with winter climate patterns in the Euro-Atlantic region. Journal of *Climate* 26, 233–249.
Shabbar, A., Huang, J., and Higuchi, K., 2001. The relationship between the wintertime North Atlantic Oscillation and blocking episodes in the North Atlantic. Journal of *Climate* 21, 355–369.
Shabrang, L., 2012. Blocking effect of cyclogenesis Mediterranean, Fourteenth Iranian Geophysical Conference.
Thando, N., Darryn, W., 2011. A Climatology of Rossby Wave breaking on the Southern Hemisphere Tropopause. Journal of the Atmospheric Sciences 68, 798-811.
Tibaldi, S., E. Tosi, A. Navarra, L. P., 1994. Northern and Southern Hemisphere Seasonal Variability of Blocking Frequency and Predictability. Monthiy Weather Review 22, 1971–2003.
Wiedenmann, J. M., Lupo, A R., 2002. The Climatology of Blocking Anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres Journal of Climate 15, 3459–3473.